

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2019

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa PR: Atena Editora, 2019. – (Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-902-8

DOI 10.22533/at.ed.028200601

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.
3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 1” contempla vinte e três capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas nas diversas áreas de engenharia.

Os resultados obtidos através de pesquisas científicas trazem benefícios a sociedade e promovem inovações tecnológicas, surgindo como uma engrenagem nas engenharias.

O estudo sobre o comportamento de determinados materiais sob determinadas situações permite avaliar e otimizar seu uso, proporcionando o controle das condições ideais, bem como viabilizando a utilização de determinadas matérias primas. Por sua vez, essas matérias primas podem trazer benefícios ao meio ambiente, bem como trazer resultados econômicos satisfatórios.

A avaliação de propriedades físicas e mecânicas de materiais permite também a sua utilização em diversos segmentos da engenharia, proporcionando o desenvolvimento de novos produtos, trazendo benefícios a sociedade.

Diante do exposto, esperamos que esta obra traga ao leitor conhecimento técnico de qualidade, fazendo com que o leitor reflita sobre o uso das pesquisas científicas e as inovações tecnológicas no desenvolvimento social, e faça uso dessas ferramentas na melhoria de qualidade de vida na sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AÇÃO CORROSIVA DE SOLOS DO SUL DO BRASIL SOBRE ESTRUTURAS METÁLICAS	
Jessica Oliveira Ayres Matthews Teixeira Coutinho Devai Luciana Machado Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.0282006011	
CAPÍTULO 2	10
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAINÉIS AGLOMERADOS CONFECCIONADOS COM PINUS, EUCALIPTO, BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ADESIVO POLIURETANO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA	
Estéfani Suana Sugahara Ana Laura Soler Cunha Buzo Raissa Pravatta Pivetta Sérgio Augusto Mello da Silva Elen Aparecida Martines Morales	
DOI 10.22533/at.ed.0282006012	
CAPÍTULO 3	21
ANÁLISE EXPERIMENTAL EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM LAMINADOS DE PRFC	
Nara Villanova Menon Maicon de Freitas Arcine Juliana Penélope Caldeira Soares	
DOI 10.22533/at.ed.0282006013	
CAPÍTULO 4	35
CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DE FACHADA EM EDIFÍCIO LITORÂNEO COM EXPANSÃO, FISSURAÇÃO COM ESFARELAMENTO E BAIXA RESISTÊNCIA MECÂNICA: ESTUDO DE CASO	
Renato Freua Sahade Fabiano Ferreira Chotoli Sérgio Soares de Lima Priscila Rodrigues Melo Leal	
DOI 10.22533/at.ed.0282006014	
CAPÍTULO 5	45
CARACTERÍSTICAS E DESEMPENHO DA VERMICULITA NA CONSTRUÇÃO	
Paula Thais dos Santos Felix	
DOI 10.22533/at.ed.0282006015	
CAPÍTULO 6	55
PINUS E EUCALIPTO PARA CONSTRUÇÕES LEVES EM MADEIRA (WOODFRAME) NO BRASIL: COMPARATIVOS, POSSIBILIDADES E DESAFIOS	
Mirna Mota Martins Júlia Cruz da Silva Matheus Fernandes Lima Rita Dione Araújo Cunha	

CAPÍTULO 7 68

ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DO DESLIZAMENTO PINO SOBRE DISCO DO AÇO ISI 4140 X H13

Eric Elian Lima Espíndola
Andrey Coelho das Neves
Beatriz Seabra Melo
Vinicius Silva dos Reis
Milena Cristina Melo Carvalho
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Rodrigo Ribeiro Lima
Edgar Costa Cardoso
Aécio de Jesus Monteiro dos Santos
Emerson Rodrigues Prazeres
José Maria do Vale Quaresma

DOI 10.22533/at.ed.0282006017

CAPÍTULO 8 81

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO TIPO COSTANEIRAS DE CORYMBIA CITRIODORA PARA APLICAÇÃO EM MÓVEIS E COMPONENTES DECORATIVOS

Matheus Fernandes Lima
Mirna Mota Martins
Julia Cruz da Silva
Sandro Fábio Cesar
Rita Dione Araújo Cunha

DOI 10.22533/at.ed.0282006018

CAPÍTULO 9 94

AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE PAINÉIS EM MADEIRA PARA REVESTIMENTO DE FACHADAS: RECOMENDAÇÕES PARA O DETALHAMENTO CONSTRUTIVO

Mônica Duarte Aprilanti
Simone Fernandes Tavares
Akemi Ino

DOI 10.22533/at.ed.0282006019

CAPÍTULO 10 108

COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL UTILIZANDO PLACAS DE SILICATO DE CÁLCIO DE ALTA DENSIDADE

Lilian Cristina Ciconello
Luciana Alves de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.02820060110

CAPÍTULO 11 121

INCIDÊNCIA DE DESCOLAMENTO EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS ADERIDOS EM FACHADAS: CONTRIBUIÇÃO PARA O PROJETO E A PRODUÇÃO

Luciana Alves de Oliveira
Luciana Araújo Mauricio Varella
Renato Freua Sahade

DOI 10.22533/at.ed.02820060111

CAPÍTULO 12 133

COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS DO *Eucalyptus urograndis*: CORPOS DE PROVA ISENTOS DE DEFEITOS X PEÇAS ESTRUTURAIS

Fabiana Yukiko Moritani
Carlito Calil Junior

DOI 10.22533/at.ed.02820060112

CAPÍTULO 13 145

CROSS LAMINATED TIMBER VS CONCRETO: RESISTÊNCIA MECÂNICA A COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS E DENSIDADE

Aliane Cardoso de Almeida
Rafaele Almeida Munis
Jessé Salles Lara

DOI 10.22533/at.ed.02820060113

CAPÍTULO 14 158

DUREZA JANKA COMO ESTIMADOR DA DENSIDADE APARENTE E DAS RESISTÊNCIAS À FLEXÃO E COMPRESSÃO EM EUCALIPTO

Takashi Yojo
Cassiano Oliveira de Souza
Maria José de Andrade Casimiro Miranda
Sergio Brazolin

DOI 10.22533/at.ed.02820060114

CAPÍTULO 15 167

ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DE NANOFIBRAS DE SÍLICA, OBTIDAS VIA SBS, E ARGILA MONTMORILONÍTICA EM POLIAMIDA 66

Edvânia Trajano Teófilo
Gabriel Lucena de Oliveira
Radamés da Silva Teixeira
Cláudio Bezerra Martins Júnior
Rosiane Maria da Costa Farias
Aline Vasconcelos Duarte
Ellen Cristine Lopes da Silva Bento
Raí Batista de Sousa
Francisco Diassis Cavalcante da Silva
Francisca Maria Martins Pereira

DOI 10.22533/at.ed.02820060115

CAPÍTULO 16 178

ESTUDO DAS FORÇAS DE CORTE NO MICROFRESAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L

Milla Caroline Gomes
Márcio Bacci da Silva

DOI 10.22533/at.ed.02820060116

CAPÍTULO 17 185

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE FORNO DIDÁTICO PARA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO

Carlos Eduardo Costa
Jefferson Maiko Luiz

Ivan Rodrigues dos Santos
Emerson da Silva Seixas
Milton Luis Polli

DOI 10.22533/at.ed.02820060117

CAPÍTULO 18 194

QUANTIFICAÇÃO DE HIDROGÊNIO EM CORPOS DE PROVA DE UM AÇO ARBL
PARA ENSAIOS DE PUNÇIONAMENTO ESFÉRICO

Luiz Fernando Maia de Almeida
Rosenda Valdés Arencibia
Sinésio Domingues Franco

DOI 10.22533/at.ed.02820060118

CAPÍTULO 19 200

METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO DA PRÉ-TRINCA POR FADIGA NO
ENSAIO SNTT

Guilherme Bernardes Rodrigues
Waldek Wladimir Bose Filho
Sinésio Domingues Franco
Rosenda Valdés Arencibia

DOI 10.22533/at.ed.02820060119

CAPÍTULO 20 206

BIOSSORÇÃO DE METAIS PESADOS UTILIZANDO A MICROALGA *Synechococcus
nidulans*

Juliana Silveira de Quadros
Paulo Fernando Marques Duarte Filho
Fernando Junges

DOI 10.22533/at.ed.02820060120

CAPÍTULO 21 216

DISTRIBUIÇÃO BIDIMENSIONAL DA PROFUNDIDADE DE MISTURA NO
RESERVATÓRIO DE LAJEADO, TOCANTINS

Marcelo Marques
Elaine Patricia Arantes
Fernando Oliveira de Andrade
Alexandre Kolodynskie Guetter
Cristhiane Michiko Passos Okawa
Isabela Arantes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.02820060121

CAPÍTULO 22 227

ESTUDO PROSPECTIVO E TECNOLÓGICO DA GERAÇÃO DE SYNGAS
UTILIZANDO CATALISADORES

Munique Gonçalves Guimarães
Grace Ferreira Ghesti
Camila Lisdália Dantas Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.02820060122

CAPÍTULO 23 240

UTILIZAÇÃO DE PELÍCULAS COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

Tatiane Barbosa dos Santos

Matheus Luis Ferrari

Marcio Eduardo Hintz

João Paulo Brazão Gianini

Rafael Rodrigo Bombardelli

Idiana Marina Dalastra

DOI 10.22533/at.ed.02820060123

SOBRE A ORGANIZADORA..... 251

ÍNDICE REMISSIVO 252

AÇÃO CORROSIVA DE SOLOS DO SUL DO BRASIL SOBRE ESTRUTURAS METÁLICAS

Data de aceite: 25/11/2019

Jessica Oliveira Ayres

Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA,
Engenharia Química
Campus Bagé, Bagé - RS

Matthews Teixeira Coutinho Devai

Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA,
Engenharia Química
Campus Bagé, Bagé - RS

Luciana Machado Rodrigues

Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA,
Engenharia Química
Campus Bagé, Bagé - RS

RESUMO: A corrosão é o ataque destrutivo de um material, ocasionado pela sua reação química ou eletroquímica com o meio. O comportamento do solo como meio corrosivo deve ser considerado, devido às grandes extensões de tubulações e tanques metálicos enterrados. Este trabalho tem como objetivo avaliar a ação corrosiva de solos coletados em municípios do sul do Brasil, Aceguá, Bagé e Candiota, sobre amostras de ferro e aço carbono, enterradas e monitoradas. Foram caracterizados o pH, a condutividade elétrica, e a morfologia, por microscopia óptica, dos solos. Os metais avaliados foram o ferro Armco e o aço carbono API 5L Grau B. A preparação dos

metais foi realizada por corte e lixamento. As amostras metálicas foram enterradas nos solos, e mantidas por 120 dias, sendo monitorada sua variação de peso e morfologia. Ao final da exposição dos metais nos solos foi determinada a taxa de corrosão, conforme a norma técnica ASTM G1-90 (*Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion*). As amostras de aço e ferro sofreram um ataque corrosivo, detectado em curto tempo de exposição (30 dias), aumentando com o tempo. Este ataque se observou pela formação de depósitos de produtos de corrosão na superfície metálica. O solo de Bagé apresentou maior ação corrosiva sobre os metais, apresentando-se com o maior valor de condutividade elétrica e menor valor de pH.

PALAVRAS-CHAVE: Corrosão; Solo; Metal; Tubulação; Eletroquímica.

CORROSIVE ACTION OF SOILS FROM SOUTHERN BRAZIL ON METAL STRUCTURES

ABSTRACT: Corrosion is the destructive attack on material, caused by its chemical or electrochemical reaction with the medium. The behavior of the soil as a corrosive medium must be considered due to the large lengths of buried metal pipes and tanks. This work aims to evaluate the corrosive action of soils collected in

cities of southern Brazil, Aceguá, Bagé and Candiota, on buried and monitored iron and carbon steel samples. The pH, the electrical conductivity and the morphology by optical microscopy of the soils were characterized. The metals evaluated were Armco iron and API 5L Grade B carbon steel. The metals were prepared by cutting and sanding. The metallic samples were buried in the soil, and kept for 120 days, being monitored their weight and morphology variation. At the end of the exposure of metals in the soil, the corrosion rate was determined according to ASTM G1-90 (Standard Practice for Preparation, Cleaning, and Evaluation Corrosion). The steel and iron samples suffered a corrosive attack, detected in short exposure time (30 days), increasing over time. This attack was observed by the formation of deposits of corrosion products on the metal surface. Bagé soil presented the highest corrosive action on metals, presenting the highest electrical conductivity value and lower pH value.

KEYWORDS: Corrosion; Soil; Metal; Pipe; Electrochemistry.

1 | INTRODUÇÃO

A corrosão é o ataque destrutivo de um material, ocasionado pela sua reação química ou eletroquímica com o meio onde está inserido. As sérias consequências do processo de corrosão têm sido discutidas como uma problemática de abrangência mundial. A corrosão pode provocar paralisações de plantas industriais de produção, perda ou contaminação de produtos, redução da eficiência de equipamentos, custo de manutenção e reposição de materiais, comprometendo a segurança das pessoas e a preservação do meio ambiente (PANOSSIAN *et al.*, 1993).

A corrosão pode ocorrer em diferentes meios, como na atmosfera, em solos e carvões, em águas naturais, em produtos químicos, a altas temperaturas, em presença de microrganismos, entre outros (GENTIL, 2011).

O comportamento do solo como meio corrosivo deve ser considerado de grande importância, devido às grandes extensões de tubulações metálicas enterradas, como oleodutos, gasodutos, adutoras e minerodutos, e a grande quantidade de tanques metálicos enterrados para o armazenando de combustíveis (GENTIL, 2011).

A corrosão em tubulações ou tanques contendo combustíveis pode causar perfurações que provocam vazamentos, com a consequente contaminação de solos ou de lençóis freáticos, e com a possibilidade de incêndios e explosões (PANOSSIAN *et al.*, 1993).

As tubulações enterradas em solos, utilizadas em plantas de indústrias e nos sistemas urbanos de transporte de fluidos, são geralmente fabricadas em aço carbono ou ferro, pois estes metais apresentam boa relação custo/resistência mecânica, além de ser de fácil soldagem e conformação (TELLES, 2014). No entanto, estes metais são suscetíveis ao processo corrosivo por conter impurezas,

inclusões não-metálicas, por estar sob tensão, por operar a grandes pressões e diferenciadas temperaturas, e ainda, por estar enterrado em um ambiente rico em heterogeneidades e características promotoras da corrosão (CALLISTER, 2008).

Como o solo é um agregado de minerais, matéria orgânica, água, gases e microrganismos, pode causar corrosão por vários aspectos, como os elevados valores de acidez, condutividade elétrica, teor de umidade, grau de aeração, e sais (GENTIL, 2011).

Na região do Pampa Gaúcho os solos são férteis e normalmente empregados para o desenvolvimento de atividades agrícolas. A maioria destes solos é avermelhado, argiloso, e úmido, no entanto, algumas áreas do Pampa tem apresentado processo de desertificação, tornando-se arenoso, devido a retirada da vegetação nativa e sua substituição por monoculturas ou pastagens (STRECK *et al.*, 2008). A variação do tipo de solo encontrado nesta região torna complexa e difícil a previsão do seu comportamento frente ao contato com materiais metálicos, fazendo com que a problemática necessite de pesquisas locais.

O tema deste trabalho se justifica pela região do Pampa Gaúcho abrigar variadas indústrias, como de grãos e cereais, termoelétricas, de cimento, de abate e processamento de carnes, vinícolas, de mineração, têxtil, que empregam estruturas metálicas enterradas como tubulações, tanques de armazenamento, fundações, para sua produção e escoamento de produtos, sofrendo a influência do contato direto com os diferentes tipos de solos desta região (AYRES *et al.*, 2018).

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento de solos coletados nos municípios de Aceguá, Bagé e Candiota sobre amostras de ferro e aço carbono, enterradas e monitoradas durante 120 dias de exposição, a fim de conhecer a ação corrosiva dos solos sobre estes metais.

2 | METODOLOGIA

Os três municípios do sul do Brasil, nos quais foram coletadas amostras de solos, foram Aceguá (1), Bagé (2), e Candiota (3) indicados no mapa da Figura 1. As coletas das amostras de solos foram cuidadosamente procedidas, durante o mês de março de 2018, evitando-se o contato das amostras com qualquer utensílio metálico e empregando-se materiais plásticos novos e limpos, para se evitar contaminações, conforme a metodologia de coleta de solos descrita por Tedesco, 1995.



Figura 1 - Mapa dos municípios de coleta dos solos.

Fonte: Modificado de STRECK *et al.*, 2008.

Foram caracterizadas a morfologia dos solos, por microscopia óptica, em estereomicroscópio Motic, a condutividade elétrica, em condutivímetro digital portátil Hanna, e o valor de pH, por medidor de bancada Metrohm.

Os materiais metálicos avaliados foram o ferro Armco e o aço carbono API 5L Grau B. Para a maioria das aplicações industriais, o aço empregado é de baixo carbono, como os aços API (*American Petroleum Institute*). O aço API 5L Grau B apresenta o teor máximo de C de 0,27%, contendo ainda Mn, P, S, Si e Al. Nesta categoria dos aços de baixo carbono, pode-se incluir o ferro comercialmente puro, cujo tipo mais comum, é o chamado ferro Armco.

O ferro Armco, marca registrada pela *American Rolling Mills Company*, é um material de elevada pureza, pois apresenta um teor de impurezas, inclusive o carbono, inferior a 0,16%.

Tanto o ferro Armco, quanto o aço API, possuem boa soldabilidade e trabalhabilidade. No entanto, o ferro Armco possui maior resistência à corrosão. Ambos os metais são empregados na construção de estruturas industriais.

As amostras metálicas foram cedidas por empresa petroquímica. A preparação das amostras foi realizada por corte e lixamento até granulometria #2000 em lixas de carvão de silício (lixas d'água). A morfologia das amostras foi analisada em estereomicroscópio Motic.

As amostras metálicas foram enterradas nos solos, e mantidas por 120 dias, sendo monitorada sua variação de peso, em balança analítica Mettler Toledo com resolução 0,1 mg, e morfologia, por microscopia óptica, em estereomicroscópio. Ao final da exposição das amostras metálicas em solos foi determinada a taxa de corrosão de acordo com a metodologia apresentada na norma técnica ASTM G1-90 (*Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion*), utilizando-se a Equação 1:

$$\text{Taxa de Corrosão (mm/ano)} = \frac{K * W}{A * t * d} \quad (1)$$

na qual:

K = constante para definir as unidades ($8,76 \times 10^4$ mm/ano);

t = tempo de exposição em h;

A = área da amostra em cm^2 ;

W = perda de massa em g (após decaapagem química com solução de Clarke);

d = densidade do metal em $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (aço carbono = $7,86 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condutividade elétrica das amostras de solos variou de $0,77 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Aceguá) a $6,70 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Bagé), e os valores de pH dos solos ficaram em cerca de 5,5, e 8,1 como mostrado na Tabela 1. A textura observada para as amostras de solos de Aceguá e Candiota foi arenosa, enquanto o solo de Bagé foi argiloso conforme a Figura 2. Na corrosão metálica em solos, o menor valor de pH e a maior condutividade elétrica implica em maior agressividade do meio (GENTIL, 2011).

Amostra de Solo	pH	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
Aceguá	7,6	0,77
Bagé	5,5	6,70
Candiota	8,1	2,55

Tabela 1 - Caracterização dos solos.

Fonte: Autores, 2019.

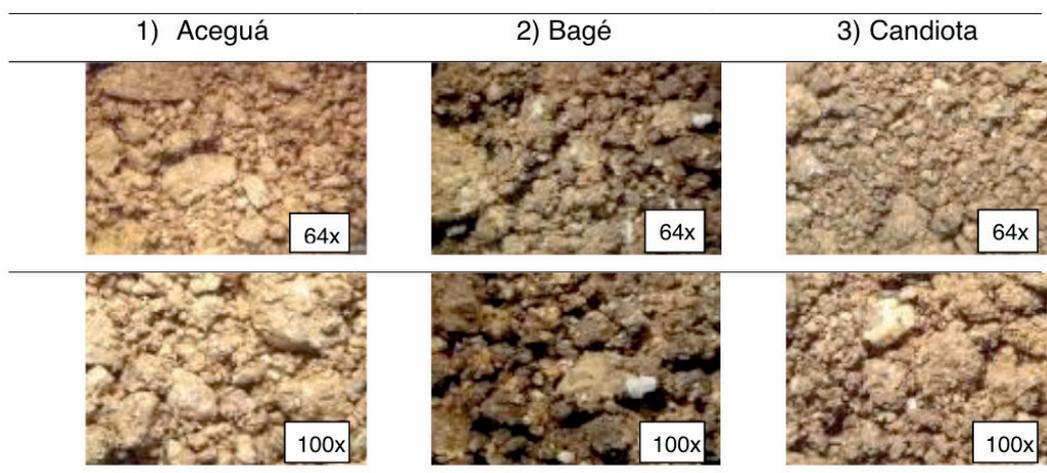


Figura 2 - Morfologia dos solos por microscopia.

Fonte: Autores, 2019.

A variação da massa das amostras metálicas enterradas, durante o tempo de exposição total de 120 dias, monitoradas a cada mês, refletiu, em geral, um aumento de peso para aço e Fe, em todos os solos, de acordo com a Tabela 2. Foi observado durante as pesagens que alguns depósitos já aderidos à superfície metálica se destacavam, o que produzia um valor de variação de massa menor do que realmente era constatado ao se remover o metal do solo. A tendência constatada foi de aumento da massa aderida às amostras metálicas, sendo que o solo de Bagé se destacou quanto à sua ação corrosiva, promovendo as maiores variações de massa sobre as superfícies metálicas. Analisando o comportamento dos solos de Aceguá e Candiota, pode-se verificar uma menor ação corrosiva, observando-se um menor e mais homogêneo ataque entre os dois metais. Quando o solo foi fortemente agressivo aos metais enterrados (Bagé) ambos, aço e Fe apresentaram densa camada de depósitos de corrosão aderidos à sua superfície.

Amostra de Solo	Amostra Metálica	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias
Aceguá	Aço	0,2	2,1	0,7	2,2
	Fe	0,3	0,9	0,5	0,7
Bagé	Aço	8,8	7,9	7,0	12,4
	Fe	5,0	12,0	12,0	17,1
Candiota	Aço	0,9	1,5	2,1	1,1
	Fe	0,3	0,4	0,0	2,0

Tabela 2 - Variação de massa das amostras de aço e Fe durante a exposição nos solos.

Fonte: Autores, 2019.

A morfologia do metal, observada por microscopia óptica, a uma magnificação de 40x de aumento, após exposição nos solos, apresentadas nas Figuras 3 e 4, indicou a formação de depósitos de corrosão, de óxidos alaranjados, sendo provavelmente Fe_2O_3 , oriundo do ataque à matriz metálica, além de alguns pontos escuros de nucleação de ataque localizado ao metal. Nas imagens são destacados os pontos escuros nos metais, os quais provavelmente indicam a nucleação de ataques de corrosão localizada por pite.

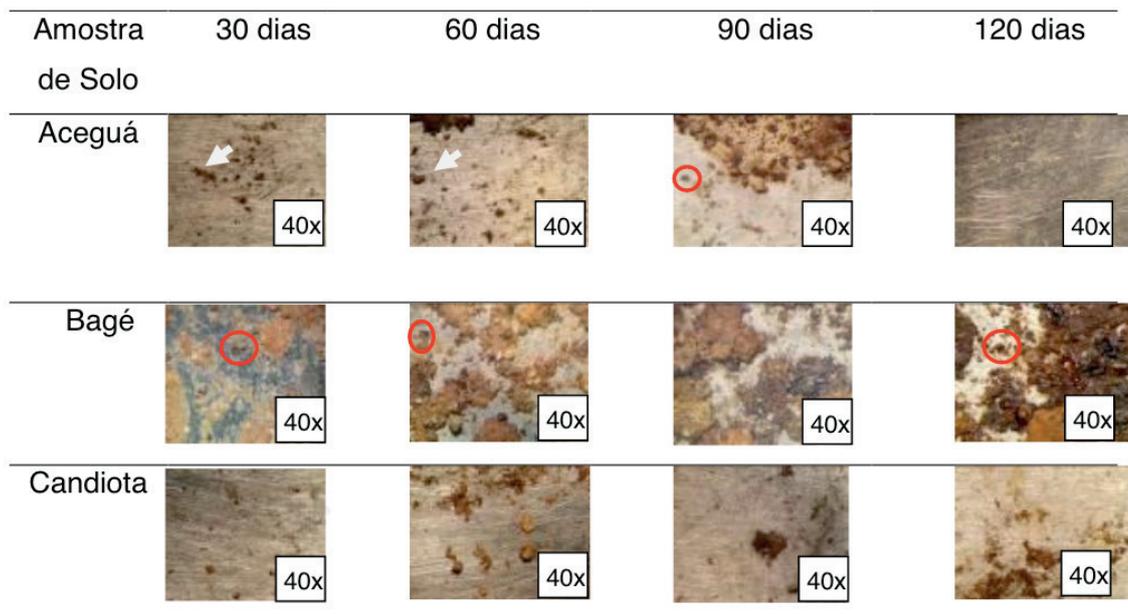


Figura 3 - Morfologia do Fe após exposição nos solos por microscopia.

Fonte: Autores, 2019.

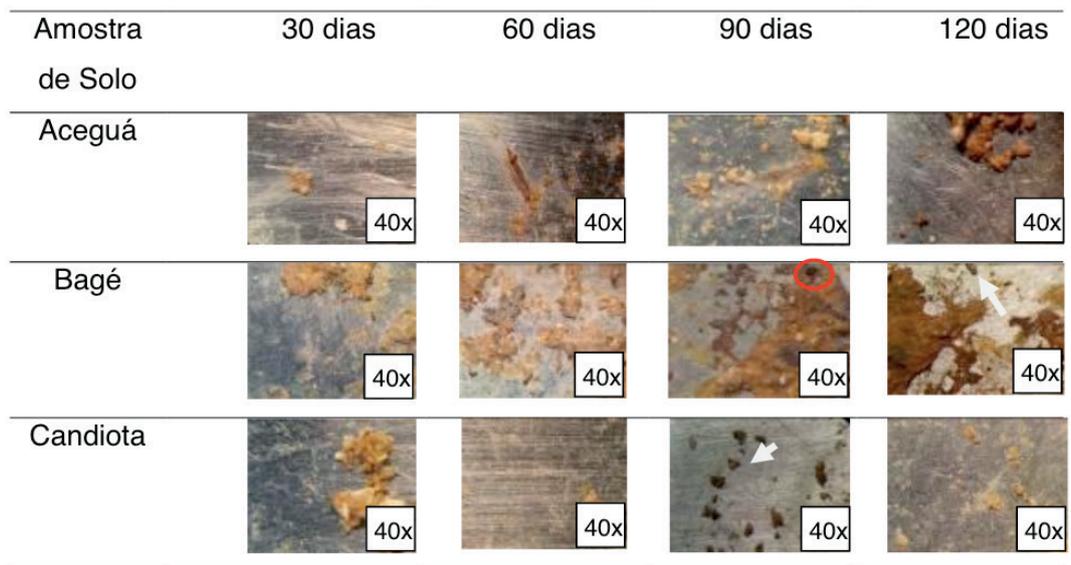


Figura 4 - Morfologia do aço após exposição nos solos por microscopia.

Fonte: Autores, 2019.

Uma comparação final entre a morfologia das amostras metálicas antes e após 120 dias de exposição no solo de maior ação corrosiva, Bagé, é apresentada na Figura 5. Constatou-se a intensa formação de depósitos de produtos de corrosão e possíveis pontos de nucleação de ataques localizados de corrosão.

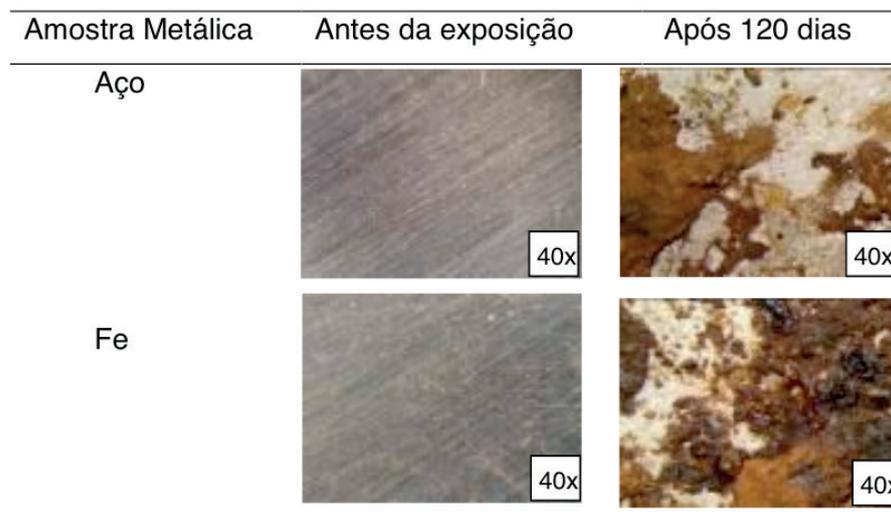


Figura 5 - Morfologia do aço e Fe antes e após a exposição no solo de Bagé por microscopia.

Fonte: Autores, 2019.

Após a exposição nos solos, as amostras metálicas foram limpas dos depósitos aderidos na sua superfície, por decapagem química em solução de Clarke e pesadas para a determinação da taxa de corrosão, conforme a norma técnica. Os valores para as amostras enterradas no solo de Bagé foram Fe 0,45 mm/ano e aço 0,38 mm/ano; em Aceguá, aço 0,12 mm/ano e Fe 0,05 mm/ano; e em Candiota, Fe 0,10 mm/ano e aço 0,07 mm/ano.

4 | CONCLUSÃO

Concluiu-se que amostras de aço carbono e ferro Armco expostas aos solos coletados nos municípios de Aceguá, Bagé e Candiota foram susceptíveis a um ataque corrosivo, detectado já em curto tempo de exposição (30 dias), aumentando com o tempo de contato com os solos. Este ataque inicial se observou pela formação de depósitos de produtos de corrosão na superfície metálica, sendo composto provavelmente por Fe_2O_3 .

O solo de Bagé apresentou uma maior ação corrosiva sobre os metais analisados, apresentando-se com o maior valor de condutividade elétrica, menor valor de pH e argiloso. Os maiores valores de taxa de corrosão metálica foram Fe 0,45 mm/ano e aço 0,38 mm/ano.

É de suma importância o conhecimento das características e do comportamento de solos para prever a degradação de metais enterrados e seu tempo de vida útil.

REFERÊNCIAS

AYRES, J. O.; DEVAI, M. T. C.; RODRIGUES, L. M. **Avaliação da ação corrosiva de solos dos**

municípios Aceguá, Bagé e Candiota sobre estruturas metálicas. In: 10º SIEPE – Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNIPAMPA. Anais do 10º SIEPE, v.2. Santana do Livramento, 2018.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução.** LTC, Rio de Janeiro, 2008. 705p.

GENTIL, V. **Corrosão.** LTC, Rio de Janeiro, 6ª ed., 2011. 392p.

PANOSSIAN, Z., ALMEIDA, N. L., OHBA, M. **Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas.** IPT, São Paulo, 1993. 2v. 636p.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. **Solos do Rio Grande do Sul.** EMATER, Porto Alegre, 2ª ed., 2008. 126p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2ª ed., Depto. de Solos, Porto Alegre, UFRGS, 1995. 174p.

TELLES, P. C. S. **Tubulações Industriais: Materiais, Projeto, Montagem.** LTC, Rio de Janeiro, 10ª ed., 2014. 252p.

SOBRE A ORGANIZADORA

Franciele Braga Machado Tullio - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço inoxidável 178, 181
Aproveitamento de costaneira 81
Argamassa de revestimento 35, 36, 42, 44, 45
Argila montmorilonítica 167, 168

C

Carga normal 68, 71, 73, 74, 75, 77, 78, 79
Cisalhamento 21, 23, 24, 27, 31, 32, 33, 34, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 203, 217
CLT 97, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157
Coeficiente de atrito 68, 71, 73, 74, 79
Comparação 7, 13, 14, 23, 40, 56, 57, 58, 61, 63, 73, 75, 77, 78, 79, 86, 133, 135, 140, 145, 206, 209, 244, 245, 247
Compartimentação horizontal 108, 110, 111, 118
Compressão 24, 25, 28, 29, 33, 48, 114, 115, 135, 137, 145, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 201
Concreto 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 61, 97, 117, 118, 123, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 190
Concreto armado 21, 22, 23, 33, 34, 37, 123, 148, 156, 157
Conforto acústico 45
Conforto térmico 45, 47, 50, 53, 122
Construção civil 12, 18, 22, 23, 36, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 59, 65, 96, 97, 98, 108, 110, 128, 132, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 156, 187
Construções leves 55, 56, 60, 61, 65, 66
Corrosão 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 23, 112, 113, 181, 195
Corymbia citriodora 81, 82, 83, 84, 85, 92, 93
Cura 15, 22, 35, 43, 44, 145, 152, 156

D

Densidade 5, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 47, 51, 63, 108, 110, 111, 113, 114, 115, 145, 149, 150, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 187, 190, 191, 207
Descolamento 31, 32, 33, 38, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132
Desgaste deslizante 68, 76
Detalhe construtivo 94
Durabilidade 36, 50, 56, 57, 64, 94, 96, 97, 98, 99, 103, 106, 107, 115, 122
Dureza Janka 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166

E

Eletroquímica 1, 2, 196, 197
Ensaio de caracterização 35, 39, 40, 42

Escória 35, 41, 43, 44, 188

Eucalipto 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 82, 93, 101, 136, 144, 148, 158, 159, 160, 161

F

Fachadas de edifícios 121, 123, 132

Fachadas em madeira 94, 95, 96, 100

Fiação por sopro em solução 167, 168, 169, 170, 171, 176

Flexão 10, 13, 17, 21, 24, 31, 32, 114, 135, 136, 137, 141, 142, 143, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 201

Forças de corte 178, 179, 180, 181, 183

Forno didático 185, 191, 192

M

Madeira 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 119, 129, 133, 134, 135, 139, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 166

Manifestação patológica 35

Materiais alternativos 19, 45, 47

Materiais compósitos de PRFC 21

Metal 1, 2, 5, 6, 178, 180, 181, 182, 206, 207, 210, 212, 213, 214, 215, 229

Microfresamento 178, 180, 181, 183

Microusinagem 178, 179, 180, 181

N

Nanofibras de sílica 167, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177

P

Painéis de madeira 11, 18, 19, 20, 81, 83, 97, 157

Parede corta-fogo 108, 119

Patologia 121, 123

Pinus 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 101, 143, 144, 145, 151

Poliamida 66 167, 168, 170, 173, 174, 175

Prática acadêmica 185

Processo de fundição 185

Projeto de revestimento 121

Proteção contra incêndio 108

R

Reforço estrutural 21, 22, 25

Resíduo de madeira 81, 92

Revestimento cerâmico 121, 122, 126, 128, 130, 132

Revestimento em madeira 94

S

Sistema construtivo em placas de silicato de cálcio 108

Solo 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 65, 100, 134, 231

T

Tecnologia de vedações verticais leves 108

Tubulação 1

V

Vermiculita 45, 47, 49, 50, 51, 52, 53

Vigas 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 114, 123

W

Wood frame 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

